

DE 28 29 960

Neutron personal dosimeter, having a first dosimeter unit (I) consisting of a thermo-luminescent dosimeter element (21), sensitive to thermal and epithermal neutrons and γ -radiation, arranged between a stannous filter (11) and a cadmium filter (31); further having a second dosimeter unit consisting of a thermo-luminescent dosimeter element (22), sensitive to thermal and epithermal neutrons and γ -radiation, arranged between a cadmium filter (32) and a stannous filter (12); wherein the stannous filter (11) of the first dosimeter unit (I) and the stannous filter (12) of the second dosimeter unit (II) are each arranged on different sides of the dosimeter elements (21, 22); further having a third dosimeter unit (IV), consisting of a thermo-luminescent dosimeter element (44), sensitive to γ -radiation, arranged between stannous filters (13, 14); and further having a fourth dosimeter unit (III) parallel to the other dosimeter units (I, II, IV), having a dosimeter element (23), arranged between filters made of the same material; characterized in that the dosimeter element (23) of the fourth dosimeter element (III) is sensitive to thermal and epithermal neutrons as well as γ -radiation and is arranged between cadmium filters (33, 34).

⑧ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 2829960 C2

⑤ Int. Cl. 4:
G 01 T 1/11
G 01 T 3/00

⑫ Aktenzeichen: P 28 29 960.7-33
⑫ Anmeldetag: 7. 7. 78
⑬ Offenlegungstag: 18. 1. 79
⑬ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 17. 4. 88

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑩ Unionspriorität: ⑫ ⑬ ⑭
07.07.77 JP U52-90200

⑯ Patentinhaber:

Doryokuro Kakunenryo Kaihatsu Jigyodan,
Tokio/Tokyo, JP

⑰ Vertreter:

Zumstein sen., F., Dr.; Assmann, E., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat.; Klingseisen, F., Dipl.-Ing.; Zumstein, F.,
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat-Anw., 8000 München

⑮ Erfinder:

Fukuda, Seiji, Mito, Ibaraki, JP; Saito, Setsuko;
Takeda, Sinsu; Noda, Kimio, Ibaraki, JP

⑯ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS	27 55 995
US	37 61 710
US	37 25 659
US	35 62 480

④ Neutronen-Personendosimeter

DE 2829960 C2

DE 2829960 C2

FIG. 1

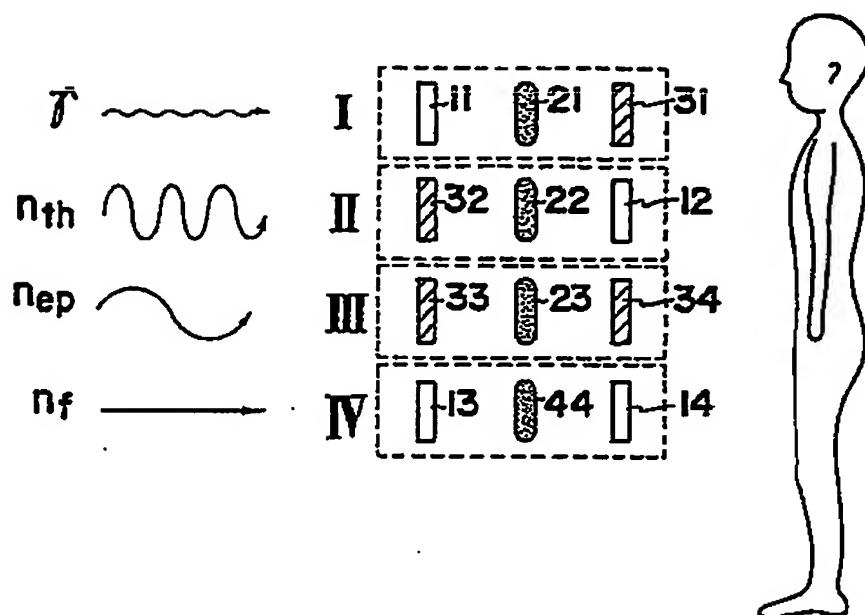
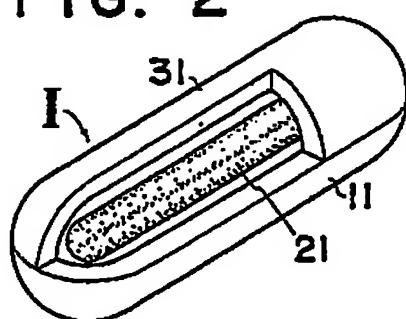


FIG. 2



Patentanspruch:

5 Neutronen-Personendosimeter mit einer ersten Dosimetereinheit (I) aus einem für thermische und
epithermische Neutronen und γ -Strahlen empfindlichen thermolumineszenten Dosimeterelement (21),
das zwischen einem Zinnfilter (11) und einem Cadmiumfilter (31) angeordnet ist, mit einer daneben vor-
gesehenen zweiten Dosimetereinheit (II) aus einem für thermische und epithermische Neutronen und
 γ -Strahlen empfindlichen thermolumineszenten Dosimeterelement (22), das zwischen einem Cadmium-
filter (32) und einem Zinnfilter (12) angeordnet ist, wobei sich das Zinnfilter (11) der ersten Dosime-
reinheit (I) und das Zinnfilter (12) der zweiten Dosimetereinheit (II) jeweils auf verschiedenen Seiten der
zugeordneten Dosimeterelemente (21, 22) befinden, mit einer daneben vorgesehenen dritten Dosimeterein-
heit (IV) aus einem nur für γ -Strahlen empfindlichen thermolumineszenten Dosimeterelement (44),
das zwischen Zinnfiltern (13, 14) angeordnet ist, und mit einer neben den anderen Dosimetereinheiten
(I, II, IV) vorgesehenen vierten Dosimetereinheit (III) aus einem Dosimeterelement (23), das zwischen
Filtern aus gleichem Metall angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Dosimeterelement
(23) der vierten Dosimetereinheit (III) für thermische und epithermische Neutronen sowie für γ -Strahlen
empfindlich und zwischen Cadmiumfiltern (33, 34) angeordnet ist.

20 Die Erfindung betrifft ein Neutronen-Personendosimeter der im Oberbegriff des Patentanspruchs ange-
gebenen Art. Ein derartiges, aus der DE-OS 27 55 995 bekanntes Dosimeter liefert ausgezeichnete Ergeb-
nisse und kann getrennt die Bestrahlungsdosen von thermischen Neutronenstrahlen und schnellen Neuto-
nenstrahlen messen.

Aus der US-PS 37 61 710 ist ein weiteres Personendosimeter mit mehreren Dosimetereinheiten bekannt,
25 bei dem ein Bleifilter oder ein Kupferfilter vorgesehen ist, das dazu dient, weiche Gammastrahlen abzuschir-
men sowie Betastrahlen zurückzuhalten. Dieses bekannte Dosimeter kann schnelle Neutronenstrahlen nicht
messen, da nur ein Dosimeterelement vorgesehen ist, das für thermische Neutronen und Gammastrahlen
empfindlich ist.

Aus der US-PS 37 25 659 ist es weiterhin bekannt, bei einem Personendosimeter Zinn- und Cadmiumfilter
30 zu verwenden, um eine Information über die Höhe und das Energiespektrum von Gammastrahlen zu erhalten,
indem Filter mit verschiedener Stärke verwandt werden. Die dabei verwandten thermolumineszenten
Dosimeterelemente sind für Neutronenstrahlen unempfindlich, wobei die thermische Neutronenstrahlung
über eine (n, γ)-Reaktion des Neutroneneinfangs gemessen wird. Dieses bekannte Dosimeter ist hauptsäch-
lich zur Messung der Gammabestrahlung bestimmt.

35 Aus der US-PS 35 62 480 ist ein Personendosimeter zum Messen von Neutronenstrahlen bekannt, bei
dem die schnellen Neutronen und die epithermischen Neutronen mit einer Energie über der Cadmiumgrenz-
energie zu thermischen Neutronen moderiert werden und die sich daraus ergebenden thermischen Neutronen
mit dafür empfindlichen Detektoren gemessen werden. Bei einem derartigen Aufbau werden die Dosis der
schnellen Neutronen und eine gewisse Energieinformation über die Neutronenstrahlen unter Ausnutzen der
verschiedenen Empfindlichkeiten von Dosimeterelementen erhalten.

40 Da die einschlägigen thermischen Neutronenstrahlen durch Cadmium blockiert werden und durch das
Dosimeter nicht gemessen werden, kann die Dosis der thermischen Neutronen bei diesem bekannten Dosi-
meter nicht getrennt gemessen werden. Weiterhin werden sowohl die epithermischen als auch die schnellen
Neutronenstrahlen gleichzeitig zu thermischen Neutronenstrahlen moderiert, so daß es unmöglich ist zu be-
stimmen, welche Neutronenstrahlen zu der gemessenen Neutronendosis beitragen, und somit eine separate
45 Messung der Neutronen in den drei verschiedenen Energiebereichen nicht möglich ist.

Beim Messen der persönlichen Gesamtbestrahlungsdosis von Neutronenstrahlen unter Verwendung eines
Neutronenstrahlendosimeters ist es jedoch wichtig, eine Energieinformation über die auftretenden Neuto-
nenstrahlen zu erhalten. Bei den bekannten Neutronendosimetern ist es jedoch schwierig, eine Information
50 über die Energieverteilung der Neutronenstrahlen zu erhalten, da es unter anderem unmöglich ist, den Ein-
fluß der epithermischen Neutronenstrahlen auf das Dosimeterelement für die Ermittlung der Dosis der
schnellen Neutronenstrahlen auszuschalten.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe besteht daher darin, ein Neutronen-Personendosimeter der
im Oberbegriff des Patentanspruchs angegebenen Art so weiterzubilden, daß es auch den Anteil der Dosis
der epithermischen Neutronen und deren Anteil in der Energieverteilung getrennt mißt.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des Kennzeichnens des Patentanspruchs
gelöst.

60 Da bei dem erfundungsgemäß Personendosimeter das Dosimeterelement der vierten Dosimetereinheit für
thermische und epithermische Neutronen sowie für Gammastrahlen empfindlich und zwischen Cadmium-
filtern angeordnet ist, erzeugen die schnellen Neutronen, die beim Auftreffen auf den menschlichen Körper,
an dem das Personendosimeter getragen wird, abgebremst und somit in thermische und epithermische
Neutronen umgewandelt werden, die gestreut werden und von der Rückseite wieder auf die Dosimeterein-
heiten fallen, eine Thermolumineszenz am Dosimeterelement der vierten Dosimetereinheit nur aufgrund des
Anteils der epithermischen Neutronen, während andererseits das Dosimeterelement der zweiten Dosimeterein-
heit eine Thermolumineszenz aufgrund des Anteils der thermischen sowie der epithermischen Neutronen
erzeugt, die durch das zugeordnete Zinnfilter hindurchgehen. In dieser Weise wird im Rückschluß über die
65 Messung der vom menschlichen Körper reflektierten thermischen und epithermischen Neutronen der Anteil
der auf den menschlichen Körper fallenden schnellen Neutronen gemessen.

Im folgenden wird anhand der zugehörigen Zeichnung ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert:

Fig. 1 zeigt das Ausführungsbeispiel des erfundungsgemäßen Dosimeters in einer schematischen Ansicht.

Fig. 2 zeigt eine teilweise geschnittene perspektivische Ansicht eines Beispiels der ersten Dosimetereinheit.

Wie es in Fig. 1 dargestellt ist, besteht das Ausführungsbeispiel aus vier Dosimetereinheiten, d. h. aus einer ersten bis vierten Dosimetereinheit, die nebeneinander angeordnet sind. Die erste Dosimetereinheit I besteht aus einem Zinnfilter 11, einem Dosimeterelement 21, das sowohl für thermische Neutronen- als auch für Gammastrahlen empfindlich ist, und aus einem Kadmiumfilter 31, die in der angegebene Reihenfolge angeordnet sind. Bei der zweiten Dosimetereinheit II ist die relative Lage der Bestandteile der Anordnung bei der ersten Dosimetereinheit I entgegengesetzt. D. h., daß das Kadmiumfilter 32, das Dosimeterelement 22, das sowohl für thermische Neutronen- als auch für Gammastrahlen empfindlich ist, und das Zinnfilter 12 in dieser Reihenfolge angeordnet sind. Die dritte Dosimetereinheit III besteht aus einem Dosimeterelement 23, das sowohl für thermische Neutronen- als auch für Gammastrahlen empfindlich ist, sowie aus Kadmiumfiltern 33 und 34, die an der Vorderseite und der Rückseite des Dosimeterelements 23 angeordnet sind. Die vierte Dosimetereinheit IV besteht aus einem Dosimeterelement 44, das für Gammastrahlen empfindlich ist und aus Zinnfiltern 13 und 14, die an der Vorderseite und der Rückseite des Dosimeterelements 44 angeordnet sind.

Als thermolumineszente Dosimeterelemente 21, 22, 23, die sowohl für thermische Neutronen- als auch für Gammastrahlen empfindlich sind, kann ein Gemisch aus Li⁶F- und CaSO₄(Tm)-Pulver verwendet werden. Wenn thermische Neutronenstrahlen auf diese thermolumineszenten Dosimeterelemente 21, 22 und 23 fallen, wird aufgrund der Li⁶(n, α)H³ Reaktion des Li⁶ eine Thermolumineszenz erhalten, die proportional zur thermischen Neutronenfluenz ist. Der Wirkungsquerschnitt von Li⁶, bezogen auf thermische Neutronen, ist sehr groß und beträgt etwa 1000 Barn, d. h. 10⁻²¹ cm². D. h., daß dieses Material für thermische Neutronenstrahlen hochempfindlich ist. Der Wirkungsquerschnitt von Li⁶ für schnelle Neutronen mit einer Energie von beispielsweise 1 MeV ist jedoch extrem niedrig und beträgt nur 0,3 Barn, d. h. 0,3 × 10⁻²⁴ cm². Die Dosimeterelemente können daher als für schnelle Neutronen unempfindlich angesehen werden. Als Element 44, das für Gammastrahlen empfindlich ist, kann ein Pulvergemisch aus Li⁷F und CaSO₄(Tm) verwandt werden. Dieses Element 44 wird zur Kompensation der Gammastrahlen zur Zeit der Messung der Neutronenstrahlen verwendet.

Fig. 2 zeigt eine teilweise geschnittene perspektivische Ansicht der ersten Dosimetereinheit I gemäß der Erfindung. Die erste Dosimetereinheit I umfaßt vertikal geteilte halbzylindrische Filtersegmente aus Zinn 11 und Kadmium 31. Das Dosimeterelement 21 ist in dem hohlyzindrischen Körper eingeschlossen, der von den halbzylindrischen Filtersegmenten 11 und 31 gebildet wird. Die anderen Dosimetereinheiten II, III und IV haben denselben Aufbau. Dieser Aufbau ermöglicht es, den Einfluß von Streustrahlungen und von aus querlaufenden Richtungen kommenden Strahlungen so klein wie möglich zu halten und dadurch die Meßgenauigkeit zu erhöhen.

Die oben beschriebenen vier Dosimetereinheiten sind üblicherweise im Gehäuse einer Plakette enthalten, so daß sich ein Personenstrahlungsdosimeter für Neutronenstrahlen ergibt, das an die Brust einer der Strahlung ausgesetzten Arbeitsperson gehetzt wird. Nach der Benutzung über eine bestimmte Zeitdauer werden die Dosimetereinheiten aus der Plakette einzeln herausgenommen, um die Thermolumineszenz jedes Dosimeterelements zu messen und seine Strahlungsdosis zu berechnen.

Im folgenden wird die Arbeitsweise eines in dieser Weise aufgebauten Personenstrahlungsdosimeters für Neutronenstrahlen sowie die Art beschrieben, in der die Strahlungsdosen der verschiedenen Neutronenstrahlen berechnet werden. Wenn ein Strahlungsgemisch aus Gammastrahlen γ , thermischen Neutronenstrahlen n_{th} , epithermischen Neutronenstrahlen n_e , und schnellen Neutronenstrahlen n_s von vorne auf das Personenstrahlungsdosimeter fällt, zeigt jedes der Dosimeterelemente 21, 22, 23, 44 eine jeweils andere Thermolumineszenz.

Wenn beispielsweise zuerst Gammastrahlen auf jede Dosimetereinheit I, II, III und IV fallen, ergibt sich kein Unterschied in der Abschirmung der Gammastrahlen zwischen den Zinnfiltern 11, 13 und den Kadmiumfiltern 32 und 33. Unter der Annahme, daß die Stärke der Thermolumineszenz jedes Dosimeterelements 21, 22, 23, 44 aufgrund des Beitrags der Gammastrahlen jeweils $L_1(\gamma)$, $L_2(\gamma)$, $L_3(\gamma)$, $L_4(\gamma)$ ist, ergibt sich die folgende Beziehung

$$L_1(\gamma) = L_2(\gamma) = L_3(\gamma) = L_4(\gamma) \quad (1)$$

Unter der Annahme, daß danach thermische Neutronenstrahlen auftreffen, ergibt sich am Dosimeterelement 21 eine Thermolumineszenz mit einer Stärke, die von den durch das Zinnfilter 11 hindurchgehenden thermischen Neutronenstrahlen abhängt. Da das Dosimeterelement 22 dabei von dem Kadmiumfilter 32 überdeckt ist, ist es im wesentlichen für die auftreffenden Strahlen unempfindlich, wobei jedoch die thermischen Neutronenstrahlen, die vom menschlichen Körper oder ähnlichem reflektiert werden, durch das Zinnfilter 12 gehen und eine Thermolumineszenz hervorrufen. Da das Dosimeterelement 23 sowohl an seiner Vorderseite als auch an seiner Rückseite durch Kadmiumfilter 33 und 34 abgeschirmt ist, tritt keine Thermolumineszenz aufgrund der thermischen Neutronenstrahlen auf. Da das Dosimeterelement 44 selbst für thermische Neutronenstrahlen unempfindlich ist, liefert es keine Thermolumineszenz.

Wenn weiterhin epithermische Neutronenstrahlen auftreffen, tritt am Dosimeterelement 21 eine Thermolumineszenz auf, die von den durch das Zinnfilter 11 hindurchgehenden epithermischen Neutronenstrahlen abhängt, während am Dosimeterelement 22 durch das Kadmiumfilter 32 hindurch und aufgrund der

epithermischen Neutronen, die vom menschlichen Körper oder ähnlichem reflektiert werden, durch das Zinnfilter 12 hindurch eine Thermolumineszenz austritt. Obwohl am Dosimeterelement 23 durch das Cadmiumfilter hindurch eine Thermolumineszenz austritt, ist am Dosimeterelement 44 keine Thermolumineszenz festzustellen, da das Element 44 selbst für epithermische Neutronenstrahlen unempfindlich ist.

- 5 Wenn schließlich schnelle Neutronenstrahlen auftreffen, dringen die schnellen Neutronen durch die Dosimeterelemente 21, 22, 23 hindurch, ohne eine wesentliche Thermolumineszenz hervorzurufen, da der Wirkungsquerschnitt von Li⁶ dieser Elemente für schnelle Neutronenstrahlen klein ist, wie es im Vorhergehenden beschrieben wurde. Da die schnellen Neutronenstrahlen durch den menschlichen Körper oder ähnliches jedoch abgebremst und gestreut werden und in thermische Neutronenstrahlen und epithermische Neutronenstrahlen umgewandelt werden, fällt eine reflektierte Strahlungsmenge wiederum von der Rückseite auf die Elemente. Da in diesem Fall die Dosimeterelemente 21, 23 durch die Cadmiumfilter 31 und 34 abgeschirmt sind, erzeugen sie eine Thermolumineszenz nur ausgrund des Anteils der epithermischen Neutronenstrahlen. Die am Dosimeterelement 22 auftretende Thermolumineszenz beruht andererseits auf dem Anteil der thermischen Neutronenstrahlen sowie der epithermischen Neutronenstrahlen, die durch das Zinnfilter 12 hindurchgehen.
- 10 Da jedoch das Dosimeterelement 44 auch für schnelle Neutronenstrahlen unempfindlich ist, tritt an diesem Element keine Thermolumineszenz auf.
- 15 Es ist somit möglich, die Dosis jeder Neutronenstrahlung dadurch zu bestimmen, daß die Stärke der Thermolumineszenz des Kompensationselementes 44 für Gammastrahlen von der Stärke der Thermolumineszenz der Dosimeterelemente 21, 22, 23 abgezogen wird. Die Gesamtstärke L_1 , L_2 , L_3 und L_4 der Thermolumineszenz der Dosimeterelemente 21, 22, 23, 44 läßt sich die durch die folgenden Beziehungen ausdrücken:

$$L_1 = A_{11}D_{th} + A_{12}D_{ep} + A_{13}(E)D_f + K\Phi\gamma \quad (2)$$

$$L_2 = A_{21}D_{th} + A_{22}D_{ep} + A_{23}(E)D_f + K\Phi\gamma \quad (3)$$

$$L_3 = A_{31}D_{ep} + A_{33}(E)D_f + K\Phi\gamma \quad (4)$$

$$L_4 = K\Phi\gamma \quad (5)$$

30 wobei

$$A_{11}D_{th} = L(D_{th}) \quad (6)$$

$$A_{12}D_{ep} = L(D_{ep}) \quad (7)$$

$$A_{13}(E)D_f = L(D'_{f-ep}) \quad (8)$$

$$A_{21}D_{th} = L(D_{th}') \quad (9)$$

$$A_{22}D_{ep} = L(D_{ep}) + L(D'_{ep-th}) \quad (10)$$

$$A_{23}(E)D_f = L(D'_{f-ep}) + L(D'_{f-th}) \quad (11)$$

$$A_{32}D_{ep} = L(D_{ep}) \quad (12)$$

$$A_{33}(E)D_f = L(D'_{f-ep}) \quad (13)$$

Aus den Gleichungen (7) und (12) und aus den Gleichungen (8) und (13) ergibt sich

$$50 \quad A_{12} = A_{32} \quad (14)$$

$$A_{13}(E) = A_{33}(E) \quad (15)$$

wobei

- 55 L_I Lichemission des Elementes I (mRad)
 D_f schnelle Neutronendosis (mRem)
 D_{ep} epithermische Neutronendosis (mRem)
 D_{th} thermische Neutronendosis (mRem)
 $\Phi\gamma$ Strahlungsdosis (mR)
 K Empfindlichkeit jedes Elementes für Gammastrahlen (mRad γ/mR)
 A_{m1} Empfindlichkeit des Detektors m für thermische Neutronenstrahlen (mRad $\gamma/mRem$)
 A_{m2} Empfindlichkeit des Detektors m für epithermische Neutronenstrahlen (mRad $\gamma/mRem$)
 A_{m3} Empfindlichkeit des Detektors m für schnelle Neutronenstrahlen (mRad $\gamma/mRem$)
 $60 D'_{f-ep}$ Äquivalentdosis aufgrund des Anteils epithermischer Neutronen aus der Reflexion und Abbremsung der schnellen Neutronenstrahlen durch den menschlichen Körper oder ähnliches
 D'_{f-th} Äquivalentdosis aufgrund des Anteils thermischer Neutronen aus der Reflexion und Abbremsung der schnellen Neutronenstrahlen durch den menschlichen Körper oder ähnliches

- $D'_{\text{ep-th}}$ Äquivalentdosis aufgrund der thermischen Neutronenstrahlen aus der Reflexion und Abbremsung der epithermischen Neutronen durch den menschlichen Körper oder ähnliches
 D'_{th} Äquivalentdosis aufgrund der thermischen Neutronenstrahlen aus der Reflexion und Abbremsung der thermischen Neutronenstrahlen durch den menschlichen Körper oder ähnliches
 $L(D_n)$ Lichtemission aufgrund des Anteiles jeder Neutronenstrahlenart D_n (mRad y). 5

Die Stärken Q_1 , Q_2 und Q_3 der Thermolumineszenz der Dosimeterelemente 21, 22, 23 nach Abzug des Anteils aufgrund der Gammastrahlen und die Stärke der Thermolumineszenz Q_4 aufgrund der thermischen Neutronenstrahlen ergeben sich aus den folgenden Gleichungen:

$$Q_1 = L_1 - L_4 = A_{11}D_{th} + A_{12}D_{ep} + A_{13}(E)D_f \quad (16) \quad \text{10}$$

$$Q_2 = L_2 - L_4 = A_{21}D_{th} + A_{22}D_{ep} + A_{23}(E)D_f \quad (17) \quad \text{11}$$

$$Q_3 = L_3 - L_4 = A_{31}D_{ep} + A_{33}(E)D_f = A_{12}D_{ep} + A_{13}(E)D_f \quad (18) \quad \text{15}$$

$$Q_4 = L_1 - L_3 = Q_1 - Q_3 = A_{11}D_{th} \quad (19) \quad \text{16}$$

Aus Gleichung (19) ergibt sich die Strahlungsdosis D_{th} für thermische Neutronenstrahlen als

$$D_{th} = \frac{Q_4}{A_{11}}. \quad (20) \quad \text{20}$$

Aus Gleichung (16) ergibt sich die Äquivalentdosis D_f für schnelle Neutronenstrahlen als:

$$D_f = \frac{Q_1 - A_{11}D_{th} - A_{12}D_{ep}}{A_{13}(E)} = \frac{Q_1 - A_{12}D_{ep}}{A_{13}(E)}. \quad (21) \quad \text{25}$$

Aus Gleichung (17) ergibt sich:

$$D_f = \frac{Q_2 - A_{21}D_{th} - A_{22}D_{ep}}{A_{23}(E)} = \frac{Q_2 - \beta_{th}Q_4 - A_{22}D_{ep}}{A_{23}(E)}, \quad (22) \quad \text{30}$$

wobei

$$\beta_{th} = \frac{A_{21}}{A_{11}}. \quad \text{35}$$

Durch Gleichsetzen der Ausdrücke in Gleichung (21) und Gleichung (22) ergibt sich die Äquivalentdosis D_{ep} der thermischen Neutronenstrahlen als:

$$D_{ep} = \frac{A_{21}(E)Q_3 - A_{13}(E)Q_2 + \beta_{th}A_{13}(E)Q_4}{A_{12} \cdot A_{23}(E) - A_{13}(E) \cdot A_{22}} = \frac{A_{21}(E)Q_3 - A_{13}(E)Q_2 + \beta_{th}A_{13}(E)Q_4}{A_{21}(A_{23}(E) - \beta_{th}A_{13}(E))}, \quad (23) \quad \text{40}$$

wobei

$$\beta_{ep} = \frac{A_{22}}{A_{12}}. \quad \text{45}$$

In diesem Fall geben β_{th} und β_{ep} jeweils die Albedovertältnisse der thermischen Neutronenstrahlen und der epithermischen Neutronenstrahlen für den menschlichen Körper wieder.

Die Äquivalentdosis D_f für schnelle Neutronenstrahlen kann aus den Gleichungen (21) und (23) erhalten werden:

$$D_f = \frac{Q_1 - A_{12}D_{ep}}{A_{13}(E)} = \frac{Q_1 - \beta_{ep}Q_3 - \beta_{th}Q_4}{A_{23}(E) - \beta_{ep}A_{13}(E)}. \quad (24) \quad \text{55}$$

Aus den Gleichungen (20), (23) und (24) können schließlich die Dosen für thermische Neutronenstrahlen, epithermische Neutronenstrahlen und schnelle Neutronenstrahlen für den menschlichen Körper erhalten werden, indem die Empfindlichkeiten A_{m1} , A_{m2} , A_{m3} jedes Elementes für Neutronenstrahlen bestimmt werden.

Im folgenden wird dargestellt, wie die oben erwähnten Empfindlichkeiten A_{m1} , A_{m2} , A_{m3} bestimmt werden. Wenn das Personenstrahlungsdosimeter zunächst nur mit einer gegebenen Strahlungsdosis thermischer Neutronenstrahlen bestrahlt wird, lassen sich die Gesamtstärken der Thermolumineszenz $L_1(D_n)$, $L_2(D_n)$, $L_3(D_n)$ und $L_4(D_n)$ der Elemente 21, 22, 23 und 44 durch die folgenden Gleichungen ausdrücken:

$$L_1(D_n) = A_{11}D_n$$

$$L_2(D_n) = A_{21}D_n$$

$$\begin{aligned} L_3(D_{th}) &= 0 \\ L_4(D_{th}) &= 0. \end{aligned}$$

Somit ist

$$A_{11} = \frac{L_1(D_{th})}{D_{th}},$$

$$A_{21} = \frac{L_2(D_{th})}{D_{th}},$$

$$\beta_{th} = \frac{A_{21}}{A_{11}} = \frac{L_2(D_{th})}{L_1(D_{th})}.$$

- 15 Wenn anschließend die Bestrahlung unter Verwendung von epithermischen Neutronenstrahlen mit bekannter Dosis erfolgt, ergeben sich die Gesamtstärken der Thermolumineszenz der Dosimeterelemente 21, 22, 23, 44 als:

$$L_1(D_{ep}) = A_{12}D_{ep}$$

$$L_2(D_{ep}) = A_{22}D_{ep}$$

$$L_3(D_{ep}) = A_{32}D_{ep}$$

$$L_4(D_{ep}) = 0.$$

Aus Gleichung (14) ergibt sich somit:

$$A_{12} = A_{32} = \frac{L_1(D_{ep})}{D_{ep}} = \frac{L_3(D_{ep})}{D_{ep}},$$

$$A_{22} = \frac{L_2(D_{ep})}{D_{ep}},$$

wobei vorausgesetzt wird, daß keiner der Werte $A_{11}, A_{21}, A_{12}, A_{22}$ und A_{32} von der Neutronenenergie abhängt.

Wenn weiterhin eine Bestrahlung nur durch schnelle Neutronenstrahlen mit bekannter Dosis erfolgt, ergeben sich die Gesamtstärken der Thermolumineszenz der Dosimeterelemente als:

$$L_1(D_f) = A_{13}(E)D_f$$

$$L_2(D_f) = A_{23}(E)D_f$$

$$L_3(D_f) = A_{33}(E)D_f$$

$$L_4(D_f) = 0.$$

Aus Gleichung (15) ergibt sich dann:

$$A_{13}(E) = A_{33}(E) = \frac{L_1(D_f)}{D_f} = \frac{L_3(D_f)}{D_f},$$

$$A_{23}(E) = \frac{L_2(D_f)}{D_f},$$

- 50 wobei vorausgesetzt wird, daß $A_{13}(E), A_{33}(E)$ und $A_{23}(E)$ von der Energie der schnellen Neutronenstrahlen abhängen.

In dieser Weise ist es möglich, die Empfindlichkeit jedes Dosimeterelements für Neutronenstrahlen zu bestimmen. Unter Verwendung der in dieser Weise erhaltenen Empfindlichkeiten ist es auch möglich, die Dosen für thermische Neutronenstrahlen, epithermische Neutronenstrahlen und schnelle Neutronenstrahlen in der oben beschriebenen Weise zu ermitteln. Das erfundungsgemäße Personendosimeter für Neutronenstrahlen ermöglicht somit eine getrennte Erfassung der Strahlungsdosen für thermische Neutronenstrahlen, epithermische Neutronenstrahlen und schnelle Neutronenstrahlen.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

60

65